דוח סיכום תכנית מחקר 668-0130-26

1. שם המחקר

פיתוח מודל תרומה לרווח (partial budgeting) לאירועי ומחלות המלטה בעדר הישראלי

2. שמות החוקרים, מוסדותיהם ותפקידיהם במחקר

מיכאל ואן סטרטן (חוקר ראשי). מח' רפואת עדר ואפידמיולוגיה, "החקלאית". רופא וטרינר, אפידמיולוג, ניתוח סטטיסטי ובניית המודל. michaelvs@hak.org.il

עומר קליין (חוקר שותף). מח' רפואת עדר ואפידמיולוגיה, "החקלאית". רופא וטרינר, אפידמיולוג, בניית המודל. omerkln@gmail.com

3. שנת סיום המחקר

2026

4. תקציר בעברית

מחלות ואירועי המלטה, לרבות המלטה קשה, קדחת חלב, דלקת רחם וקטוזיס, יכולים לגרום לנזק כלכלי לרפת דרך תמותת ולד ו/או תמותה או יציאה של הפרה הממליטה, פגיעה בייצור החלב, פגיעה בביצועי הרבייה, והוצאות על טיפול ומניעה. במרבית המחקרים שנעשו בארץ, בין היתר ב"החקלאית", ובחו"ל, כימות הנזק לא היה ביחידות מטבע, והוא היה מוגבל לכימות הפגיעה היחסית במדדי ייצור. כימות כזה הוא חשוב, ויכול לשקף את החשיבות של טיפול ו/או מניעה של הגורמים השונים, אך הוא אינו נותן מענה על השאלה החשובה ולכאורה פשוטה: "כמה כסף כדאי להשקיע על מנת לאבחן, לטפל או למנוע מחלות המלטה"? כימות כלכלי מהסוג הזה אינו מובן מאליו מכמה סיבות: 1. מרבית האירועים ברפת אינם בלתי תלויים; גורם אחד משפיע על מספר רב של גורמים ותוצאים אחרים 2. מרבית מחלות המלטה לא ניתן למנוע כלל אלא רק לצמצם 3. ציר הזמן ברפת הוא ארוך; ההשלכות של צעד זה או אחר יכולים לבוא לידי ביטוי רק בעתיד היחסית רחוק 4. במידול נתוני רפת רצוי לקחת בחשבון אי-ודאות סביב פרמטרים מסוימים, וכן אקראיות. מטרת עבודה זו הייתה לפתח כלי יישומי שיאפשר לאמוד את התרומה הכלכלית השנתית של שינוי בשכיחות מחלות ואירועים סביב ההמלטה. לצורך כך פותח בשפת R מודל תרומה לרווח (partial budgeting model), המשולב בממשק משתמש מסוג ShinyApp. המודל משווה תרחיש בסיס לתרחיש חלופי, ומחשב את ההפרש בתרומה לרווח בארבעה רכיבים: יציאה מוקדמת מהעדר, אובדן חלב, פגיעה בפוריות ועלויות תרופות ואובדן ולדות. החישובים מבוססים על שכיחות האירועים, אומדני השפעתם ופרמטרים כלכליים, תוך התחשבות במספר התחלובה ובעלויות ובמחירים שנהוגים בענף הרפת הישראלית. לצורך מידול אי ודאות ושונות סביב פרמטרים שונים, המודל הורחב באמצעות סימולציית מונטה קרלו. תרחישי הבסיס והחלופה מדומים באופן מזווג, ובכל חזרה מחושב הפרש כלכלי אחד ברמת העדר. התוצאות מוצגות כהתפלגות של התרומה השנתית לרווח, בצירוף ממוצע, חציון, טווח סימולציה של 95% והסתברות לתרומה חיובית, וכן פירוט לפי רכיב כלכלי. כלי אבחון שנוספו למודל מאפשרים לבחון את דיוק האומדנים ואת יציבותם עם הגדלת מספר החזרות. המערכת תומכת בהעלאת נתוני משק ובייצוא תוצאות, ונועדה לסייע לרפתנים ולווטרינרים בהערכת חלופות מניעה של אירועי ומחלות המלטה. התרומה המחושבת היא לפני ניכוי עלות יישום ההתערבות, שאינה כלולה בשלב זה במודל.

5. Abstract in English

Calving-associated diseases and events, including dystocia, milk fever, metritis, and ketosis, can cause economic losses in dairy herds through calf mortality, death or removal of the calving cow, reduced milk production, impaired reproductive performance, and expenditure on treatment and prevention. In most studies conducted in Israel, including those undertaken by "Hachaklait", and internationally, losses were not expressed in monetary terms; rather, their quantification was limited to relative effects on production outcomes. Such estimates are important and can demonstrate the value of treating or preventing these conditions. However, they do not answer a key, seemingly straightforward question: "How much is it worth investing in the diagnosis, treatment, or prevention of calving-associated diseases"? Economic quantification of this kind is challenging for several reasons. First, most events in dairy herds are interdependent: a single factor can influence multiple other factors and outcomes. Second, most calving-associated diseases cannot be eliminated entirely; their incidence can only be reduced. Third, the time horizon in dairy production is long, and the consequences of an intervention may become apparent only in the relatively distant future. Fourth, models of dairy herd data should account for uncertainty in relevant parameters as well as stochastic variability. The objective of this study was to develop a practical tool for estimating the annual

economic contribution of changes in the incidence of calving-associated diseases and events. A partial budgeting model was developed in R and integrated into a Shiny application. The model compares a baseline scenario with an alternative scenario and calculates the difference in net return across four components: early removal from the herd, milk loss, impaired reproductive performance, and medication costs and calf losses. Calculations incorporate event frequencies, estimates of their effects, and economic parameters, accounting for parity and the costs and prices customary in the Israeli dairy industry. To represent uncertainty and variability in relevant parameters, the model was extended using Monte Carlo simulation. Baseline and alternative scenarios are simulated in a paired manner, with each iteration yielding a single herd-level difference in net return. Results are presented as a distribution of annual incremental net return, accompanied by the mean, median, a 95% simulation interval, the probability of a positive return, and a breakdown by economic component. Diagnostic tools assess the numerical precision of the estimates and their stability as a function of the number of iterations. The application supports farm-data uploads and results export and is intended to assist dairy farmers and veterinarians in evaluating alternatives for preventing calving-associated diseases and events. The calculated incremental return is reported before deducting any intervention implementation costs, which are not yet included in the model.

1. מבוא

מחלות ואירועי המלטה, לרבות המלטה קשה, קדחת חלב, דלקת רחם וקטוזיס, יכולים לגרום לנזק כלכלי לרפת דרך תמותת ולד ו/או יציאה של הפרה הממליטה, פגיעה בייצור החלב, פגיעה בביצועי הרבייה, והוצאות על טיפול ומניעה. במרבית המחקרים שנעשו בארץ, בין היתר ב"החקלאית", ובחו"ל, כימות הנזק לא היה ביחידות מטבע, והוא היה מוגבל לפגיעה במדדי ייצור, קרי בסיכון היחסי לצאת מהעדר, ופגיעה יחסית בתנובת החלב ובמדדי רבייה (Raboisson *et al.*, 2014; van Straten, 2013; Weller *et al*, 2019). כימות כזה הוא חשוב, ויכול לשקף את החשיבות בטיפול ובמניעה של הגורמים השונים, אך הוא אינו נותן מענה על השאלה החשובה ולכאורה פשוטה: "כמה כסף כדאי לי להשקיע על מנת לאבחן ולטפל (או למנוע) מחלות המלטה"? על מנת לענות על שאלה כזו יש צורך לבצע חישוב עלות מול תועלת. חישוב כזה אינו מובן מאליו מכמה סיבות: 1. מרבית האירועים ברפת אינם בלתי תלויים; גורם אחד משפיע על מספר רב של גורמים ותוצאים אחרים 2. מרבית מחלות המלטה לא ניתן למנוע כלל אלא רק לצמצם 3. ציר הזמן ברפת הוא ארוך מאד; ההשלכות של צעד זה או אחר יכולים לבוא ליידי ביטוי רק בעתיד היחסית רחוק ו-4. במידול נתוני רפת לצרכים כלכליים, רצוי לקחת בחשבון אי-ודאות ומקריות סביב הפרמטרים הרלוונטיים. כדי לתת מענה לחלק מהנקודות הללו, נעשו עבודת שהשתמשו במודלים כלכליים מסוג תרומה לרווח (partial budgeting model) דטרמיניסטיים (Crociati 2020; McArt *et al.*, 2015) או אקראיים (סטוכסטיים) (McArt *et al.*, 2014). היתרון העיקרי בשימוש במודלים מסוג תרומה לרווח כאשר מדובר בהשוואת שתי אלטרנטיבות כלכליות, הוא שאין צורך לבצע חישוב כלכלי מלא לכל אלטרנטיבה בנפרד, אלא רק על התרומה לרווח הנובעת מההבדל שבין שתי אלטרנטיבות. לדוגמה, אם נניח שהסיכון השנתי לדלקת רחם ברפת נתונה של 300 פרות הוא 40% ואנו מעוניינים לדעת מה התרומה לרווח ברפת במידה ונצמצם סיכון זה **ל**-20%, נוכל להסתפק בחישוב התרומה לרווח בגין ה"חסכון" ב-60 מקרים של דלקת רחם (120 לעומת 60). במודלים אקראיים, ישנה אפשרות למדל אי וודאות ושונות, בד"כ בעזרת סימולציה (Liang *et al.*, 2017). בנוסף ליתרונות שצוינו לעל, מידול כלכלי שכולל אקראיות מאפשר הצגת תוצאות בצורת התפלגות ולא רק כמדד מרכז. הצגת אומדן בצורה של התפלגות מאפשרת למקבלי החלטות להבין גם את מידת הסיכון שהם לוקחים כאשר הם מקבלים החלטה מסוימת.

2. מטרות

מטרת העבודה הייתה לפתח כלי יישומי ונגיש לכימות התרומה לרווח הנובעת משינוי בהיארעות מחלות ואירועים סביב ההמלטה ברמת העדר, תוך התאמה לנתוני המשק ולפרמטרים כלכליים הרלוונטיים לרפת הספציפית הנבחנת, ולרפת הישראלית בכלל.

היעדים הספציפיים היו: 1. לשלב את המודל בממשק משתמש בשפת R באמצעות ShinyApp, בו ניתן להשוות תרחיש בסיס לתרחיש חלופי. 2. להוסיף סימולציית מונטה קרלו לצורך מידול אקראיות ואי־ודאות 3. להציג את התרומה באופן ברור הכולל מדדי מרכז ופיזור ו-4. להציג כלי אבחון לסימולציה. מטרה נוספת הייתה לאפשר טעינת נתוני משק וייצוא התוצאות לצורך תיעוד והשוואת חלופות.

3. חומרים ושיטות עבודה

3.1 מבנה המערכת ונתוני הקלט

המערכת פותחה בשפת R ונבנתה כיישום Shiny. מנוע החישוב הופרד מממשק המשתמש כדי לאפשר בדיקה עצמאית של החישובים ותחזוקה של הקוד. הקלט כולל נתונים הקשורים למבנה העדר והיארעות מחלות המלטה (מספר המלטות שנתי, התפלגות ההמלטות לפי קבוצות תחלובה, והיארעות שנתית של מחלות ואירועי המלטה), מדדי קשר בין אירועי ההמלטה למדדי יצרנות (תנובת חלב, ימי ריק, תמותת ולדות בהמלטה ויציאה מהעדר עד 60 יום מהמלטה והקשר בין קטוזיס להיסט קיבה) ומחירים ועלויות (מחיר החלב, מחיר המזון, מחירי בעלי חיים, ומחיר יום ריק). אפשר לערוך את הנתונים בממשק או להעלות קובצי CSV ו־ Excel עדכניים לרפת.

מספר ההמלטות השנתי והרכב התחלובות קבועים בכל החזרות ובשני התרחישים. מספר ההמלטות אינו משתנה אקראית. קדחת חלב מיוחסת לפרות בתחלובה שלישית ומעלה בלבד, אך התוצאה הכלכלית מסוכמת תמיד עבור העדר כולו. כמעט כל הפרמטרים, לרבות מחירים ומדדי קשר, ניתנים לעדכון; ערכי ברירת המחדל למודל הקיים בשרת הם ערכים ממוצעים בעדר הישראלי, וחושבו במחלקת רפואת עדר של "החקלאית".

3.2 חישוב התרומה לרווח

בכל תרחיש מחושבת התרומה לרווח ביחס לתרחיש הבסיס. ערך חיובי מייצג תרומה לרווח חיובית (החלופה טובה יותר מתרחיש הבסיס מבחינה כלכלית) וערך שלילי מייצג תרומה לרווח שלילית. ההפרש בתרומה לרווח מוצג לפי ארבעה רכיבים: יציאה מוקדמת מהעדר, אובדן חלב, פגיעה בביצועי הרבייה, ועלויות תרופות ואובדן ולדות. בחישוב משולבים מדדי קשר לפי תחלובה, עלויות בעלי חיים, מחיר החלב ומחיר המזון, עלות יום ריק ועלויות נוספות לפי האירוע. בנוסף, המודל לוקח בחשבון את הקשר בין קטוזיס להיסט קיבה, ומניח שהפחתת הסיכון לקטוזיס עשויה להפחית גם את הסיכון להיסט קיבה, כפי שהתקבל ממחקר קודם שנעשה ב"החקלאית". הקשר בין אירועי ומחלות ההמלטה לבין יציאה מהעדר, תנובת חלב וביצועי רבייה ממודל כתוחלת לפי קבוצת התחלובה של הפרה ולא כתהליך אקראי נפרד.

3.3 סימולציית מונטה קרלו

מספר מקרי המחלה ממודלים לפי התפלגות בינומית, על פי קבוצת התחלובה ולסיכון שהוזן. שיעורי התחלואה עצמם נשארים קבועים לאורך הסימולציה; האקראיות מייצגת שונות במספר המקרים סביבם, ולא אי־ודאות באמידת שיעורי התחלואה. עלות יום ריק בחרנו להגדיר כהתפלגות משולשת, עם מינימום של 13 ש"ח, שכיח של 15 ש"ח ומקסימום של 17 ש"ח כערכי ברירת מחדל, אך הם ניתנים להגדרה ע"י המשתמש. בכל חזרה נדגם מחיר אחד המשותף לכל קבוצות התחלובה, המחלות ושני התרחישים. יתר המחירים ומדדי הקשר קבועים בגרסה הנוכחית אך ניתנים לשינוי ע"י המשתמש בקבצי ההעלאה. תרחישי הבסיס והחלופה מדומים באופן מזווג, באמצעות אקראיות משותפת באירועים המתאימים. שני תרחישים זהים מניבים אפוא הפרש אפס בכל חזרה. בכל חזרה מחושב ההפרש בתרומה לרווח, אחד לעדר. ברירת המחדל היא 10,000 חזרות, עם אפשרות לשינוי מספרן ולקביעת seed אקראי לצורך שחזור.

3.4 הצגת תוצאות ובקרת דיוק

התוצאות מוצגות בהיסטוגרמה של התרומה השנתית לרווח (₪ לשנה לעדר), בצירוף ממוצע, חציון, אחוזונים 2.5 ו־97.5 והסתברות לתרומה חיובית לרווח. שני האחוזונים מגדירים טווח סימולציה של 95%, המתאר את פיזור התוצאה תחת הנחות המודל. בנוסף לכך, מוצגים תרשים וטבלה של התרומה לרווח לפי הקטגוריה הכלכלית. את התוצאות ניתן לייצא בקובץ אקסל לבקשת המשתמש.

לבדיקת דיוק האמידה של התרומה לרווח, מוצגים הממוצע המצטבר, סטיית התקן של התוצאה השנתית, שגיאת התקן של מונטה קרלו לממוצע (MCSE) וערכי השוליים 95% כפונקציה של מספר החזרות. MCSE מחושבת כסטיית התקן חלקי שורש מספר החזרות; שולי הדיוק הם בקירוב 1.96 כפול MCSE. טבלת האבחון מאפשרת לבחון גם את יציבות אחוזוני הקצה עם הגדלת מספר החזרות. יעד הדיוק לממוצע ניתן לשינוי, וברירת המחדל היא 100± ש"ח.

במהלך הפיתוח נבדקו זהות בין תרחישים, התאמת ממוצעי הסימולציה לחישוב פשוט המבוסס על תוחלות, התאמה בין סכום הרכיבים לתוצאה הכוללת, שחזור לפי seed אקראי ותקינות קלט.

4. תוצאות

4.1 תוצרי הפיתוח

פותח יישום המאפשר להזין תרחיש בסיס וחלופה, להריץ סימולציה, להציג את התפלגות התרומה השנתית לרווח ולבחון את מקור התרומה לפי רכיב כלכלי. היישום כולל כלי אבחון לבדיקת הדיוק ויציבות התוצאות. ייצוא ל־Excel כולל את תוצאות החזרות, מדדי הסיכום, נתוני הקלט, הגדרות הסימולציה ומדדי האבחון, וכך מאפשר לשמור את הניתוח ולשחזר את הנחותיו.

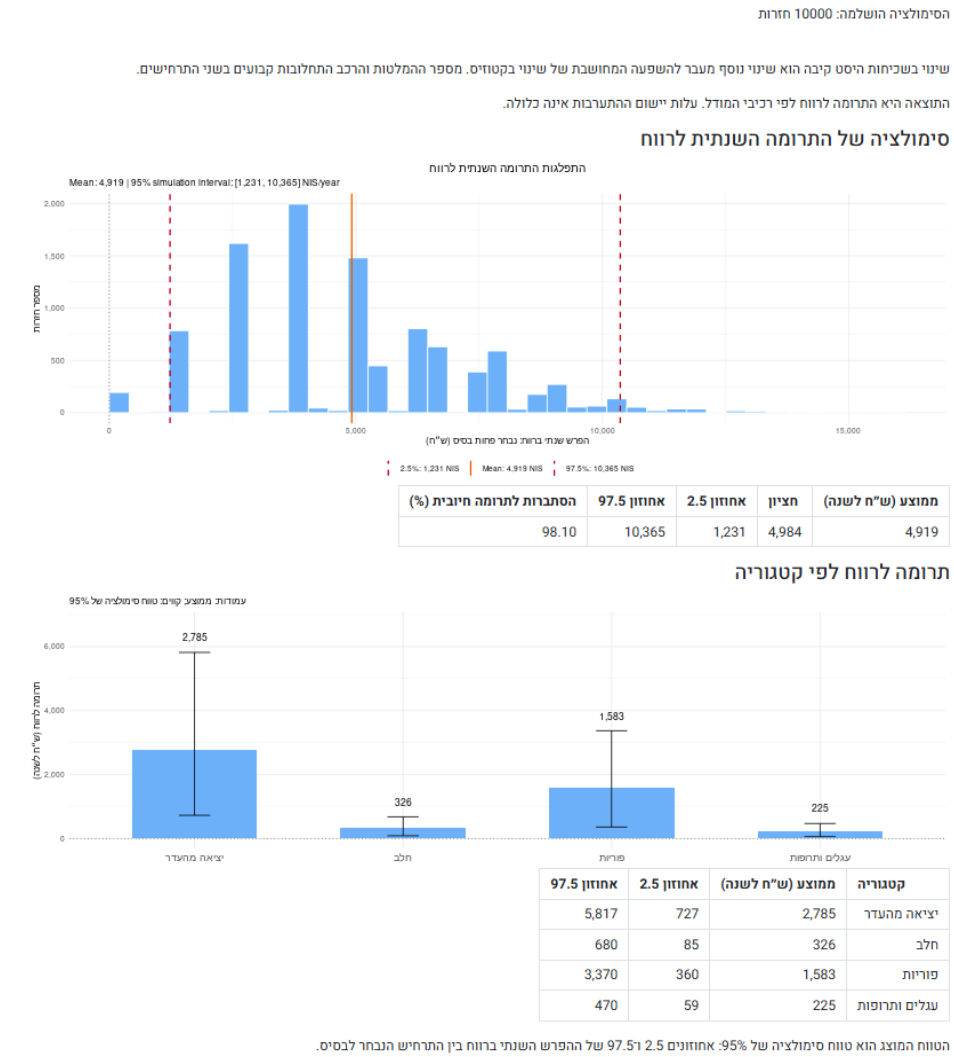
גרסה מלאה ועובדת של המודל ניתן למצוא בקישור הבא:
https://mvs-hachaklait-1.shinyapps.io/CalvingNR_app/

4.2 דוגמה לשימוש במודל: שינוי בהיארעות קדחת חלב

כדוגמה, ניקח רפת מסחרית עם 300 המלטות בשנה, 100 מתוכן של מבכירות, 80 של פרות תחלובה 2 ו-120 של פרות תחלובה >2. נניח שהיארעות מחלות ואירועי המלטה היא בערכים הממוצעים בארץ, ומחירי החלב והמזון כנהוגים בארץ נכון לאוגוסט 2026. ברפת זו, אחוז קדחת חלב הוא 3.7%. נציג של חברה מסחרית מגיע לפגישה עם מנהלת הרפת ומציע לה תוסף מזון אותו תצטרך להוסיף למנת היבשות למשך 21 ימים לפני המלטה. מחיר התוסף 5 שקלים ליום לפרה, והנציג מבטיח להוריד את אחוז קדחת חלב ל-0.5%, "כמעט ל-0%". האם משתלם לרפת להשתמש בתוסף? מה תהייה התרומה לרווח?

עלות התוסף לשנה: 5 ₪ * 21 ימים * 200 פרות (נניח שהעגלות ההרות לא מגיעות לקבוצת ההכנה) = 21,000 ₪.

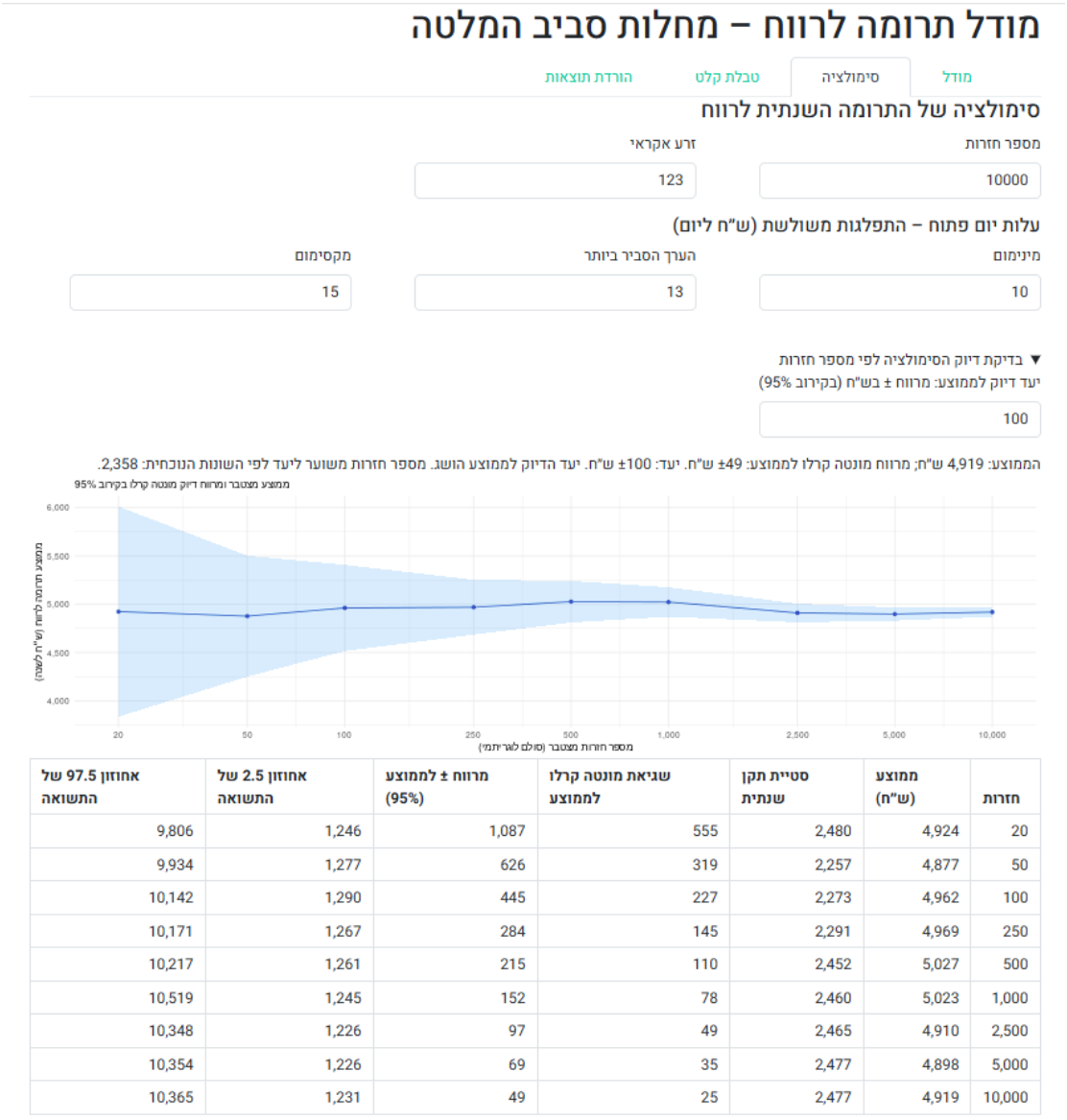
לעומת זאת, התרומה לרווח מצמצום אחוז קדחת חלב מ-3.7% ל-0.5% היא בממוצע 5,211 ₪ לשנה (איור 1). התרומה לרווח נובעת ממניעה של 3.84 מקרים בשנה, בממוצע. הסיכוי שהתרומה לרווח השנתית תהיה 10,365 ₪ או יותר הוא שווה או נמוך מ-2.5%, כך שהסיכוי שהתועלת תכסה חצי מעלות התוסף הוא פחות מ-3%. בממוצע, ומנקודת ראות כלכלית בלבד, למנהלת הרפת לא כדאי להשקיע יותר מ-4,919 ₪ בשנה במניעת קדחת חלב.



איור 1. חלק מפלט התוצאות של הסימולציה בדוגמה.

באיור 1 בחלק התחתון, ניתן לראות גם את ההתפלגות של התרומה לרווח השנתית. התרומה הגדולה ביותר מגיעה מצמצום מספר הפרות שיוצאות מהעדר <61 יום מהמלטה: 2,785 ₪ בשנה, בממוצע.

תחת הלשונית "סימולציה" ניתן לראות את הדיוק של מדד המרכז "ממוצע תרומה לרווח" בסימולציה, כתלות במספר החזרות (איור 2). בגרף עם הקו הכחול והשוליים בצבע תכלת במרכז הפלט, ניתן לראות שלאחר 10,000 חזרות, מרווח המונטה קרלו סביב ערך הממוצע (מדד מקביל לשגיאת התקן, SEM) היה 25 ₪ בלבד. סטיית התקן השנתית של הממוצע, לעומת זאת, לא צריכה להצטמצם אלא להתייצב, מכיוון שהיא מייצגת את השונות השנתית בממוצע תרומה לרווח שנובעת משונות טבעית במדדי אירועי ההמלטה ומחלות ההמלטה. ואכן, ניתן לראות שמ-500 חזרות ומעלה, היא כמעט ואינה משתנה.



חזרות	ממוצע (ש"ח)	סטיית תקן שנתית	שגיאת מונטה קרלו לממוצע	מרווח ± לממוצע (95%)	אחוזון 2.5 של התשואה	אחוזון 97.5 של התשואה
20	4,924	2,480	555	1,087	1,246	9,806
50	4,877	2,257	319	626	1,277	9,934
100	4,962	2,273	227	445	1,290	10,142
250	4,969	2,291	145	284	1,267	10,171
500	5,027	2,452	110	215	1,261	10,217
1,000	5,023	2,460	78	152	1,245	10,519
2,500	4,910	2,465	49	97	1,226	10,348
5,000	4,898	2,477	35	69	1,226	10,354
10,000	4,919	2,477	25	49	1,231	10,365

המרווח בגרף מתאר דיוק מספרי של הממוצע, ולא שונות ברווח בין שנים. יותר חזרות משפרות את דיוק האומדן; סטיית התקן השנתית וטווח הסימולציה אמורים להתייצב.

הטבלה מחושבת מתוך חלקים מצטברים של אותה הרצה. יציבות אחוזוני התשואה נבחנת בנפרד מדיוק הממוצע; יעד הדיוק אינו מבטיח דיוק של האחוזונים.

איור 2. כלים לאבחון דיוק האומדנים בסימולציה שבדוגמה.

5. דיון ומסקנות

היישום שפותח נותן דרך מובנית לבחון כיצד שינויים בתדירות מחלות ואירועי המלטה, וכן שינויים במחירים ועלויות, משפיעים על התרומה לרווח ברפת נתונה. פירוט התרומה לרווח לפי קטגוריות מאפשר לזהות אם עיקר התועלת נובע ממניעת יציאה של פרות, שיפור בייצור החלב, קיצור ימי ריק או מחיסכון בתרופות ובאובדן ולדות. שילוב סימולציה מוסיף מידע על הפיזור הצפוי בתוצאה ועל ההסתברות לתרומה לרווח חיובית, מעבר לאומדן ממוצע יחיד. בדוגמת קדחת חלב הנ״ל, התקבלה תרומה חיובית מצמצום מקרי קדחת חלב ברפת מ-3.7% ל-0.5% במרבית החזרות, אך מצד שני, למנהלת הרפת לא כדאי להשקיע יותר מ-5,000 ₪ בשנה על מנת להשיג צמצום שכזה.

עלות יישום ההתערבות אינה נכללת בשלב זה. לכן, התוצאה מייצגת את התרומה לרווח לפני ניכוי עלות המניעה או הטיפול המוצעים, ואינה רווח נקי מלא של ההתערבות. אם העלות השנתית של ההתערבות קבועה, ניתן לנכותה מכל תוצאת סימולציה ולחשב מחדש את הממוצע, הטווח וההסתברות לרווח חיובי.

למודל כמה מגבלות. אי הוודאות ביעילות ההתערבות ובמדדי הקשר אינה כלולה בסימולציה. כמו כן, המודל לא מאפשר כרגע להגדיר אי ודאות סביב מחירים ועלויות, ויש למדל ערכים נפרדים בתסריטים נפרדים, אם יש עניין בכך. לבסוף, כבכול מודל סימולציה, יציבות מספרית של תוצאת המודל אינה מעידה בהכרח על נכונות ההנחות הביולוגיות והכלכליות שנעשו.

על מנת לשפר את המודל, היינו מציעים תיקוף מול נתוני משקים (במידה וזה אפשרי), הכללת עלות ויעילות ההתערבות, והרחבת אי הוודאות לפרמטרים נוספים. כמו כן, היה רצוי לבצע מבחני רגישות נרחבים יותר, ובפרט לתחלואה נלווית ולזיווג בין התרחישים באופן מובנה ואינטנסיבי יותר ממה שעשינו בעבודה זו. מבחינת יעילות הסימולציה, ניתן לשקול בעתיד הכללת ״כלל עצירה״ המבוסס על יעד התכנסות.

בעבודה זו פיתחנו כלי יישומי להשוואת תסריטים שונים של היארעות מחלות המלטה ברפת ספציפית, המשלב מודל תרומה לרווח עם אקראיות ואי-ודאות סביב פרמטרים חשובים. הוא יכול לסייע לרפתנים ולווטרינרים להעריך את סדר הגודל (והתפלגותו) של התועלת הכלכלית הצפויה מהתערבויות שונות הקשורות להיארעות מחלות המלטה. שימוש מושכל במודל מחייב שימוש בנתוני קלט מתאימים ועדכניים, בחינת הנחות והשלמת עלויות ההתערבות לפני קבלת החלטה.

6. רשימת ספרות

Crociati M, Sylla L, van Straten M, Stradaioli G, Monaci, M (2020). Estimating the net return of a remote calving alarm system in a dairy farm. J Dairy Sci.; 103(10): 9646–9655.

Liang D, Arnold LM, Stowe CJ, Harmon RJ, Bewley JM (2017). Estimating US dairy clinical disease costs with a stochastic simulation model. J Dairy Sci.; 100(2): 1472-1486.

McArt, J. A. A., Nydam, D. V., Oetzel, G. R., & Guard, C. L. (2014). An economic analysis of hyperketonemia testing and propylene glycol treatment strategies in early lactation dairy cattle. Preventive Veterinary Medicine, 117(1), 170–179.

McArt, J. A. A., Nydam, D. V., & Overton, M. W. (2015). Hyperketonemia in early lactation dairy cattle: A deterministic estimate of component and total cost per case. Journal of Dairy Science, 98(3), 2043–2054.

Raboisson D, Mounié M and Maigné E (2014). Diseases, reproductive performance, and changes in milk production associated with subclinical ketosis in dairy cows: A meta-analysis and review. J Dairy Sci., 97 (12): 7547-7563.

Schären-Bannert M, Waurich B, Rachidi F, Wöckel A, Wippermann W, Wittich J (2025). Metabolic disorders in transition dairy cows in a 500-cow herd - Analysis, prevention and follow-up. Dairy. 2025; 6(5): 49.

van Straten, M (2013). Epidemiology of endometritis and associations with reproductive performance and milk production in dairy cows in Israel. Conference on Endometritis as a Cause of Infertility in Domestic Animals. October 7-8, Olsztyn, Poland

Weller JI, Ezra E, van Straten M (2019). Genetic and environmental analysis of diseases with major economic impact in Israeli Holsteins. J Dairy Sci.; 102(11): 10030-10038.